

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EFICIENCIA ENTRE  
LOS BIODIGESTORES Y LOS HUMEDALES ARTIFICIALES  
EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

EDVIN CALIN RODRIGO BUSTAMANTE

OLVIN JUANITO VEGA BURGA

Asesor:

M.Sc. GLADYS SANDI LICAPA REDOLFO

Cajamarca - Perú

2020

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema .....	34
1.3. Objetivos.....	34
1.4. Hipótesis .....	35
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>36</b>
2.1 Tipo de investigación .....	36
2.2 Población y muestra .....	36
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	37
2.4 Procedimiento .....	38
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
4.1 Discusión .....	58
4.2 Conclusiones .....	59
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS .....</b>	<b>71</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Listado de los 25 estudios de biodigestores y humedales artificiales. ....	<b>39</b>
<b>Tabla 2.</b> Resultados del porcentaje de remoción de tratamiento de aguas residuales domésticas con biodigestores. ....	<b>43</b>
<b>Tabla 3.</b> Resultados del porcentaje de remoción de tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales. ....	<b>44</b>
<b>Tabla 4.</b> Comparación de resultados del porcentaje de remoción de biodigestores y humedales artificiales.....	<b>45</b>
<b>Tabla 5.</b> Comparación de Resultados del sistema de tratamiento de aguas domésticas con biodigestores y los LMP para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM .....	<b>49</b>
<b>Tabla 6.</b> Comparación de Resultados del sistema de tratamiento de aguas domésticas con humedales artificiales y los LMP para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales del DECRETO SUPREMO N° 003-2010- MINAM.....	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ficha técnica de biodigestor Rotoplas (600 L). Recopilado de <a href="http://manualinstalacioneselectricas.blogspot.com/2018/05/ficha-tecnica-de-biodigestor-rotoplas.html">manualinstalacioneselectricas.blogspot.com/2018/05/ficha-tecnica-de-biodigestor-rotoplas.html</a> .....	23
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de remoción de demanda química de oxígeno con biodigestores y con humedales artificiales.....	46
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de remoción de demanda bioquímica de oxígeno con biodigestores y con humedales artificiales. ....	47
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales con biodigestores y con humedales artificiales.....	47
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de remoción de coliformes fecales con biodigestores y con humedales artificiales. ....	48
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de remoción de coliformes fecales con biodigestores y con humedales artificiales. ....	48
<b>Figura 7.</b> Comparación del parámetro de coliformes fecales en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	50
<b>Figura 8.</b> Comparación del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	50
<b>Figura 9.</b> Comparación del parámetro de demanda química de oxígeno en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	51

<b>Figura 10.</b> Comparación del parámetro de pH en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	51
<b>Figura 11.</b> Comparación del parámetro de sólidos totales en suspensión en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	52
<b>Figura 12.</b> Comparación del parámetro de temperatura en suspensión en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante biodigestores con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	52
<b>Figura 13.</b> Comparación del parámetro de coliformes fecales en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	54
<b>Figura 14.</b> Comparación del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM .....	54
<b>Figura 15.</b> Comparación del parámetro de demanda química de oxígeno en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	55
<b>Figura 16.</b> Comparación del parámetro de demanda química de oxígeno en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	55
<b>Figura 17.</b> Comparación del parámetro de sólidos totales en suspensión en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	56

<b>Figura 18.</b> Comparación del parámetro de temperatura en el tratamiento de agua residuales domésticas mediante humedales artificiales con los LMP del DECRETO SUPREMO N° 003-2010-MINAM.....	56
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Fórmula 1 : Cálculo del porcentaje de remoción. ....</b>	<b>33</b>
---	-----------

## RESUMEN

La presente investigación surgió con la necesidad de comprobar la eficiencia de los biodigestores y los humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en función de la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como la comparación de estos parámetros con los LMP establecidos por el MINAM, en el DECRETO SUPREMO N° 003-2010. En la metodología se ha realizado un tipo de investigación descriptiva donde la muestra consta de un conjunto de datos de investigaciones como tesis, artículos científicos que fueron extraídas de fuentes confiables como Scielo, Dialnet, Google académico. para ello se ha establecido un muestreo, seleccionando 10 estudios de biodigestores y 15 de humedales artificiales. En base a los resultados de los porcentajes de remoción promedio para cada tratamiento se encontró que en los biodigestores se removió de sólidos suspendidos totales 70.02%, demanda química de oxígeno (DQO) 42.68%, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 44.82%, coliformes fecales 47.63%, por su parte en los humedales artificiales se obtuvieron, coliformes fecales 89.17%, sólidos suspendidos totales 82.77%, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 78.03%, demanda química de oxígeno (DQO) 72.91%, después se realizó la comparación de parámetros evaluados con los límites máximos permisibles, donde se observa que los coliformes fecales, DBO<sub>5</sub> y DQO no cumplen con los LMP porque exceden la cantidad exigida, por su parte los parámetros evaluados de los humedales artificiales se encuentran por debajo de las cantidades exigidas por la norma.

**Palabras clave:** Aguas residuales, Biodigestor, Remoción, Humedales artificiales.



## ABSTRACT

The present investigation arose with the need to verify the efficiency of biodigesters and artificial wetlands in the treatment of domestic wastewater based on the removal of physicochemical and microbiological parameters, as well as the comparison of these parameters with the LMP established by MINAM, in SUPREME DECREE N ° 003-2010. In the methodology a type of descriptive research has been carried out where the sample consists of a set of research data as theses, scientific articles that were extracted from reliable sources such as Scielo, Dialnet, Google academic. For this, a sampling has been established, selecting 10 studies of biodigesters and 15 of artificial wetlands. Based on the results of the average removal percentages for each treatment, it was found that in the biodigesters total suspended solids were removed 70.02%, chemical oxygen demand (COD) 42.68%, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) 44.82%, coliform fecal 47.63%, meanwhile in artificial wetlands, fecal coliforms 89.17%, total suspended solids 82.77%, biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) 78.03%, chemical oxygen demand (COD) 72.91% were obtained, then the comparison was made of parameters evaluated with the maximum permissible limits, where it is observed that the fecal coliforms, BOD<sub>5</sub> and COD do not comply with the LMP because they exceed the required amount, for its part, the parameters evaluated of the artificial wetlands are below the amounts required by the rule.

Key words: Wastewater, Biodigester, Removal, Artificial wetlands.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- AguiJar N., (2012). *Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para agua apta para el consumo humano de Concepción Quezaltepeque, Chalatenango*. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador, pág:36.
- Arroyave M., (2004). *La lenteja de agua (Lemna minor l.): una planta acuática promisorio*. Revista EIA, Vol. (1), pág:33-38. Recuperado el 11 de mayo de 2020, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372004000100004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004&lng=en&tlng=es).
- Arroyave M., (2004). *La lenteja de agua (Lemna minor): Una planta promisorio*. Medellín, Colombia. Escuela de Ingeniería de Antioquia, pág:34.
- Ayala R., Calderón E., Rascón J., Gomes V. y Collazos R., (2019). *Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies Eichhornia crassipes, Nymphoides humboldtiana y Nasturtium officinale*. Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable, 2(3), pág:48-53.
- Beato H., (2015). *Metodología de la investigación*. recuperado de <https://slideplayer.es/slide/3049846/>
- Biodigestor., (2017). *EcuRed*, Consultado el 16:09, mayo 10, 2019 en <https://www.ecured.cu/index.php?title=Biodigestor&oldid=3028371>
- Caballero Y., (2007). *Potencial hidrobiológico y calidad de las aguas superficiales en la subcuenca del río Ochomogo*. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, pág:42.
- Calderón P., (2014). *Evaluación de la eficiencia de biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domiciliarias*. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0451\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0451_MT.pdf)

- Camacho J y Ordoñez L., (2008). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de recuperación de aguas residuales con Eichhornia crassipes para el postratamiento del efluente del reactor anaerobio a flujo pistón de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana, pág:27- 40.*
- Carrera S y Florián A., (2013). *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas tipo filtro anaerobio de flujo ascendente (fafa) con lenteja de agua.*
- Celis J, Junod J, y Sandoval M., (2005). *Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas.* Recuperado el 18 de abril de 2014, de Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>
- Chulluncuy N., (2011). *Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial,* (029), pág:153-170.
- Condori E y Salvador E., (2014). *Monitoreo y evaluación del tratamiento de aguas residuales domesticas con biodigestores en la comunidad Alto Ayraucollana-provincia de Espinar–Cusco-2014.* Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5443>
- Coronel E., (2016). *Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y lentejas de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas-2015.*
- Cortes O y Meza G., (2015). *Evaluación de un sistema de descontaminación de aguas servidas a partir de un biodigestor con plantas acuáticas en la reserva natural Nukanchi de la Minga Asorquidea de la Asociación para el Desarrollo Campesino–ADC.* Recuperado de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90746.pdf>

Cruz M., Carbo N., Gonzales J. Tito L., Depaz K., Torres S y Quispe W., (2016).

*Tratamiento De Las Aguas De La Laguna “Mansión” Mediante La Especie Eichhornia crassipes, Para El Riego De Áreas Verdes En La Universidad Peruana Unión. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, N°(08), pág:53-65.*

Cuchillo O., (2019). *Los biodigestores, importancia y beneficios*. Retrieved from <https://civilgeeks.com/2015/05/27/los-biodigestores-importancia-y-beneficios>

Espinoza M y Lucero A., (2010). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitario y unifamiliares del cantón Cotacachi (Bachelor's thesis)*.

Ficha técnica de biodigestor Autolimpiable., (2018). [ebook] IPROCON. Available at: <http://www.proconsrl.com/pdfs/3.pdf> [Accessed 12 May 2019].

Frers, C. (2008). *El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales*. Observatorio Medioambiental, (11), pág:301-306.

FUNASA (Fundación Nacional de la Salud), (2013). *Manual práctico de análisis de agua*. 4ta ed. Brasilia, Brasil, pág:48.

Galvis J y Rivera X., (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PT ARI) de la Empresa Jugos Hit de la Ciudad de Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira*, pág:21-34.

García Z., (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Obtenido de Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas: [http://ac.els-cdn.com/S0925857413004230/1-s2.0-S0925857413004230-main.pdf?\\_tid=340ca71e-d2f5-11e4-9d54-](http://ac.els-cdn.com/S0925857413004230/1-s2.0-S0925857413004230-main.pdf?_tid=340ca71e-d2f5-11e4-9d54-)*

- Gómez Y., (2017). *Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando Cyperus alternifolius y Chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas servidas.*
- Gutiérrez I., Rivera E y Roldan G., (2016). *Análisis de la calidad de los efluentes de los biodigestores en los lodges ubicados en la zona alta de la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno.* Enfoque UTE, 7(3), pág:57-69.  
69. <https://dx.doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n3.105>
- Jaramillo M y Flores E., (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minar (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. Cuenca, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana,* pág:40.
- Leon E., (2018). *Evaluación de la eficiencia de los biodigestores en el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chibaya Baja–Torata–Moquegua. (tesis pregrado).* recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8429>.
- León M y Lucero A., (2009). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lermma gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domesticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del Canton Cotacachi. Ibarra, Ecuador. Universidad. Técnica del Norte,* pág: 29-37.
- León M y Lucero A., (2015). *Plantas acuáticas en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas.* Num.5-2015-Art.1.
- León R., Pernía B., Siguencia R., Franco S., Noboa A y Cornejo X., (2018). *Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y Escherichia coli en aguas servidas.* Enfoque UTE, 9(4), pág:131-144.
- Londoño L y Marín C., (2009). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua*

*residual sintética. Pereira, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira, pág:14-29.*

Mancha R., (2015). *Evaluación de la eficiencia del funcionamiento del biodigestor Autolimpiable en el centro poblado de Sanquira-Yunguyo. (tesis pregrado)*  
Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4600>

Martelo J y Lara J., (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte.* Ingeniería y ciencia, 8(15), pág:221-243.

Mejía F y Pérez K., (2016). *Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante biodigestor pre fabricado en la subestación eléctrica Cotaruse-Apurímac (tesis pregrado).* Recuperado de [http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10\\_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2591/P10_M43-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Metcalf L y Harrison E., (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización.* Madrid: McGraw-Hill, D.L. Recuperado de [http://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=8768&shelfbrowse\\_itemnumber=85547#holdings](http://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opacdetail.pl?biblionumber=8768&shelfbrowse_itemnumber=85547#holdings)

Metcalf L y Harrison., (2003) *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y reutilización.* 4ª Edición, McGraw-Hill, Nueva York.

Miguel C., (2012). *Los humedales artificiales.* Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/carolina-miguel/los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos>

Morales G., (2008). *Tendencia en investigación en Ingeniería Ambiental.* Medellín: Sello Editorial.

- Nina R., (2015). *Evaluación de biodigestor de polietileno Rotoplas en el tratamiento de aguas residuales domésticas y propuesta de diseño de biofiltro en la comunidad de Oquebamba-Espinar.* (tesis pregrado) Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2032>
- Pinto L y Quipuzco L., (2015). *Aprovechamiento de aguas residuales domésticas para producción de biogás y biol mediante digestores de carga diaria.* In *Anales Científicos* (Vol. 76, Nº. 1, pág:87-93). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramos M., Rodríguez L y Martínez P., (2007). *Uso de macrófitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo.* *Hidrobiológica*, 17(Supl. 1), 7-15. Recuperado en 11 de mayo de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972007000400002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972007000400002&lng=es&tlng=es).
- Recuperado de (“<https://www.engormix.com/MA-porcicultura/noticias/eficiencia-biodigestores-oxynova-como-t22915/p0.htm>”,2016
- Reija A., (2013). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales.* Conceptos e historia. <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>
- Reyes J y Reyes J., (2008). *Depuración de aguas residuales, usando humedales artificiales subsuperficiales en el Distrito de Chao.*
- Rodríguez A., (2018). *tratamiento anaerobio de aguas residuales.* 2020, febrero 26, de [baixardoc.com](https://baixardoc.com/documents/tratamiento-anaerobio-de-aguas-residuales-5c5de6db1d2cb) Recuperado de <https://baixardoc.com/documents/tratamiento-anaerobio-de-aguas-residuales-5c5de6db1d2cb>
- Rodríguez J., Gómez E., Garavito L y López F., (2010). *Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales.* *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), pág:59-68. Recuperado



en 12 de mayo de 2020, de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-)

24222010000100005&lng=es&tlng=.

Romero M., Colín A., Sánchez E y Ortiz M., (2009). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica*. Revista internacional de contaminación ambiental, 25(3), pág:157-167.

Sánchez M., Peón I., Cardona T., Ortega L y Urriolagoitia G., (2016). *Evaluación inicial de parámetros de campo en un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas residuales*. Revista Colombiana de Biotecnología, 18(1), pág:173-184.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., (1995). American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation. Washington, DC, USA.

Torres P., (2012). *Perspectivas del tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas en países en desarrollo*. Revista EIA, 9(18), pág:115-129.

Uribe A y Ramírez Y., (2016). *Evaluación de la viabilidad del uso de las bacterias Geobacter sulfurreducens y Pseudomonas fluorescens en interacción con las plantas acuáticas Eichhornia crassipes y Lemna minor para procesos de remoción de hierro y manganeso en humedales*.

Valderrama L., (1996). *Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales*. Universitas Scientiarum, 3(1-2), pág:83-97.

Vargas K., (2018). *Evaluación de Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015*.

Vizcaíno L y Fuentes N., (2016). *Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos*. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 19(1), pág:189-198. Recuperado el 11 de mayo de 2020, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262016000100022&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022&lng=en&tlng=es).